



## QUALITE DES PRODUITS VEGETAUX

**Rapport scientifique période 2010-2011 (Phase 2)**  
**Perspectives 2012-2013 (Phase 3)**

**Projet de recherche présenté au**  
**Programme Convergence Régionale**  
**Guadeloupe 2007 – 2013**

## 1. PRESENTATION SOMMAIRE DU PROJET (objectif et contenu)

Les territoires des Antilles sont dotés d'une très grande biodiversité naturelle. Leur économie agricole repose cependant sur un nombre réduit de productions d'exportation dont la banane constitue la principale espèce fruitière. Malheureusement, cette filière d'exportation exclusivement basée sur seule la sous-espèce ou sous-groupe Cavendish, s'opère dans un contexte concurrentiel très difficile, de part :

- les coûts de production élevés par rapport aux autres régions exportatrices,
- la fragilité des systèmes de production pour cause de forte utilisation de pesticides. En effet la production bananière est sujette à une forte pression parasitaire qui va par ailleurs s'accroître avec l'arrivée aux Antilles de la maladie des raies noires dont est sensible la Cavendish, principale espèce d'exportation.

Dans ce contexte difficile, la diversification des productions fruitières en terme d'espèces à fortes valeurs ajoutées ou en terme de typicité du produit pour une espèce donnée constitue un moyen de préserver voir d'accroître le revenu des producteurs. Pour la banane, unique production d'exportation devenue un produit générique, la qualité du fruit peut être source diversification.

Quelque soit l'espèce végétale, la qualité du fruit est un caractère complexe qui dépend de la nature et de l'expression du patrimoine génétique de la plante, et de l'environnement dans lequel elle évolue (conditions de production au champ, processus après récolte, etc...). Son élaboration met en jeu de nombreuses composantes aux effets parfois antagonistes. Elle résulte en général d'une action conjointe de plusieurs gènes régulateurs d'une cascade de voies métaboliques. L'hybridation naturelle, l'exploitation de la biodiversité, l'optimisation des systèmes de production ou des technologies post-récoltes sont des stratégies qui dont la mise en œuvre intégrée ou non peuvent aboutir à l'obtention des variétés qualitativement améliorées. Cependant, cette mise en œuvre nécessite comme préalable la disponibilité des descripteurs robustes associés aux critères de qualité d'intérêt d'une part et, l'acquisition des connaissances sur les mécanismes physiologiques impliqués dans leur élaboration.

A travers, le projet « QUALITE DES PRODUITS VEGETAUX », présenté au Programme Convergence Régionale Guadeloupe, nous espérons répondre (ou du moins y contribuer) à ce double enjeu à savoir :

- contribué à la connaissance et à la valorisation de la biodiversité des productions fruitières présentes aux Antilles et,
- dans son volet banane, la production des connaissances sur les mécanismes physiologiques impliqués dans leur élaboration viendront en appui du programme d'amélioration banane notamment le thème « déterminisme génétique » traité dans le projet VALEXBIOTROP. Enfin, le projet « QUALITE DES PRODUITS VEGETAUX » contribue à valoriser les travaux de caractérisation de la variabilité qualitative de l'espèce banane abordés dans le projet VALEXBIOTROP.

Le projet « QUALITE DES PRODUITS VEGETAUX » a pour finalité la production des connaissances et s'inscrit dans l'axe du projet stratégique du CIRAD « **Innover pour une alimentation accessible, diversifiée et sûre** ». Il se décline en deux thèmes :

**Thème 1 :** Caractérisation de la variabilité qualitative des différentes variétés de banane présente en Guadeloupe.

**Thème 2 :** Compréhension des mécanismes physiologiques qui gouvernent les critères de qualité d'intérêt chez la banane.

Le présent rapport contient une description circonstanciée des activités de recherche conduites en 2010 et en 2011 sur ces deux thèmes. A partir des résultats obtenus, il fait le bilan des valorisations scientifiques qui ont été produites et enfin, décline les perspectives de travail prévues en 2012 et 2013.

## 2. BILAN D'EXECUTION

### 2.1. Caractérisation et évaluation de variabilité qualitative des produits, et identification des

## critères les plus discriminants (Thème 1)

### **2.1.1 Actions prévues dans le cadre du projet**

Dans le cadre de ce projet, nos activités de recherche ont porté essentiellement sur les fruits d'intérêt pour la Guadeloupe notamment la banane et la pomme surette. Elles ont consisté à caractériser leur variabilité qualitative en tenant compte des facteurs intrinsèque (fond génétique) et extrinsèque (conditions pédoclimatiques de production) connus pour l'impacter.

Les descripteurs physiologiques génériques qui pour certains ont des attributs qualitatifs ont servi de discriminants des stades physiologiques. Parmi ces descripteurs ont été utilisés les paramètres physicochimiques (**éthylène, gaz carbonique, oxygène, couleur**), biochimiques (**brix et acidité titrable**), rhéologique (**fermeté**).

### **2.1.2 Résultats obtenus**

Durant la période 2010-2011, nous avons initié les travaux de caractérisation physico-chimique des différentes variétés de banane et poursuivi ceux initiés en 2009 sur la pomme surette. En préambule à ce travaux, nous avons testé et optimisé chez la banane Cavendish, les conditions d'induction et de suivie de la maturation post-récolte permettant de discriminer les stades physiologiques.

#### **2.1.2.1 Banane :**

- **Optimisation des conditions d'induction et de suivi de la maturation postrécolte**

Chez le standard Cavendish récolté à maturité commerciale, nous avons :

- optimisé les conditions de traitement post récolte permettant à la fois un déroulement lent du processus de maturation tout en préservant les contrastes potentiellement présents à la récolte.
- examiné l'effet de ce traitement sur la vitesse de maturation post-récolte des fruits évaluée à travers la mesure de dégagement gazeux (éthylène et de CO<sub>2</sub>), et de changement de couleur du fruit (paramètre « a » du système L a b).

Nous avons réalisé 2 essais sur plusieurs régimes prélevés à maturité commerciale et pris au hasard sur la parcelle et afin de tester l'effet de la concentration d'acétylène et la durée de traitement sur l'initiation et la vitesse de maturation post-récolte.

Essai 1 : 0 ppm d'acétylène/durée du traitement : 24h / température : 20°C/humidité relative : ambiante suivie d'une maturation à l'air à 20°C et humidité relative ambiante (**control**).

10<sup>2</sup> ppm d'acétylène/durée du traitement : 24h / température : 20°C / humidité relative : ambiante suivie d'une maturation à l'air à 20°C et humidité relative ambiante.

10<sup>3</sup> ppm d'acétylène/durée du traitement : 24h / température : 20°C / humidité relative : ambiante suivie d'une maturation à l'air à 20°C et humidité relative ambiante.

10<sup>4</sup> ppm d'acétylène/durée du traitement : 24h / température : 20°C / humidité relative : ambiante suivie d'une maturation à l'air à 20°C et humidité relative ambiante.

Essai 2 : Fruits non traités (control essai n°1) et mûri naturellement à l'air à 20°C et humidité relative ambiante.

Les résultats obtenus sont indiqués dans les Figures 1A et 1B. L'évolution des paramètres physico-chimiques testés indique que:

- La concentration minimale d'acétylène nécessaire à l'induction de la maturation du fruit Cavendish récolté à maturité commerciale est de 10<sup>3</sup> ppm.
- Aucune différence en terme de vitesse de maturation et de dégagement gazeux (éthylène et CO<sub>2</sub>) n'est observée entre les fruits traités pendant 24 h avec 10<sup>3</sup> et 10<sup>4</sup> ppm d'acétylène. En revanche, l'essai n°2 a permis de mettre en évidence une variabilité entre les régimes pourtant récoltés tous à maturité commerciale.

Ce résultat suggère que les conditions de l'essai n°1 plus saturantes/drastiques que celle de l'essai n°2 permettent d'homogénéiser mieux la maturation des fruits contrairement aux conditions de l'essai n°2 qui permet de mettre en évidence les hypothétiques contraste physiologiques présents à la récolte. Nous avons obtenus des résultats similaires à ceux de l'essai n°2 lors de nos précédents travaux menés en 2008/2009, sur les fruits Cavendish traités à 10<sup>4</sup> ppm d'acétylène pendant 18h (20°C/ humidité relative ambiante) suivie d'une maturation à l'air dans les mêmes conditions de

température de d'humidité relative.

Si les conditions de l'essai n°1 permettent de simuler celles utilisées dans la filière, elle est difficilement applicable dans un contexte où l'on souhaite examiner les différences de sensibilité des fruits à l'éthylène sur un échantillon variétal dont on ne sait que peu de choses.

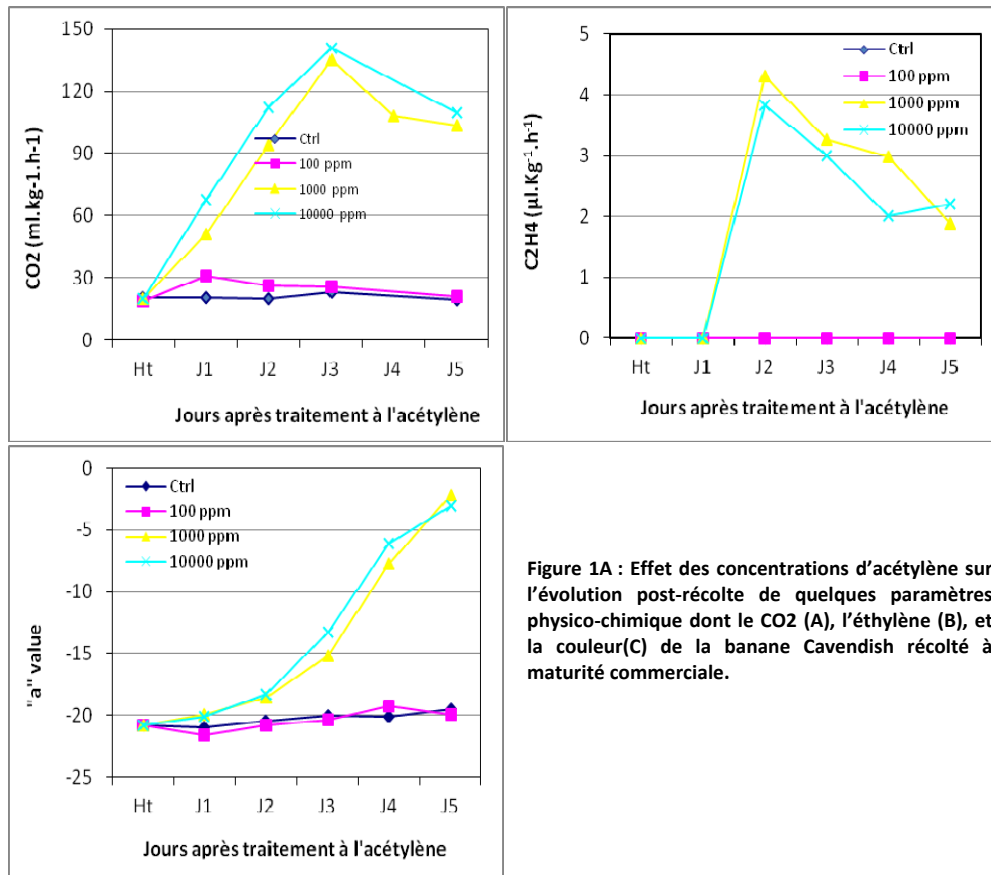


Figure 1A : Effet des concentrations d'acétylène sur l'évolution post-récolte de quelques paramètres physico-chimiques dont le CO<sub>2</sub> (A), l'éthylène (B), et la couleur (C) de la banane Cavendish récoltée à maturité commerciale.

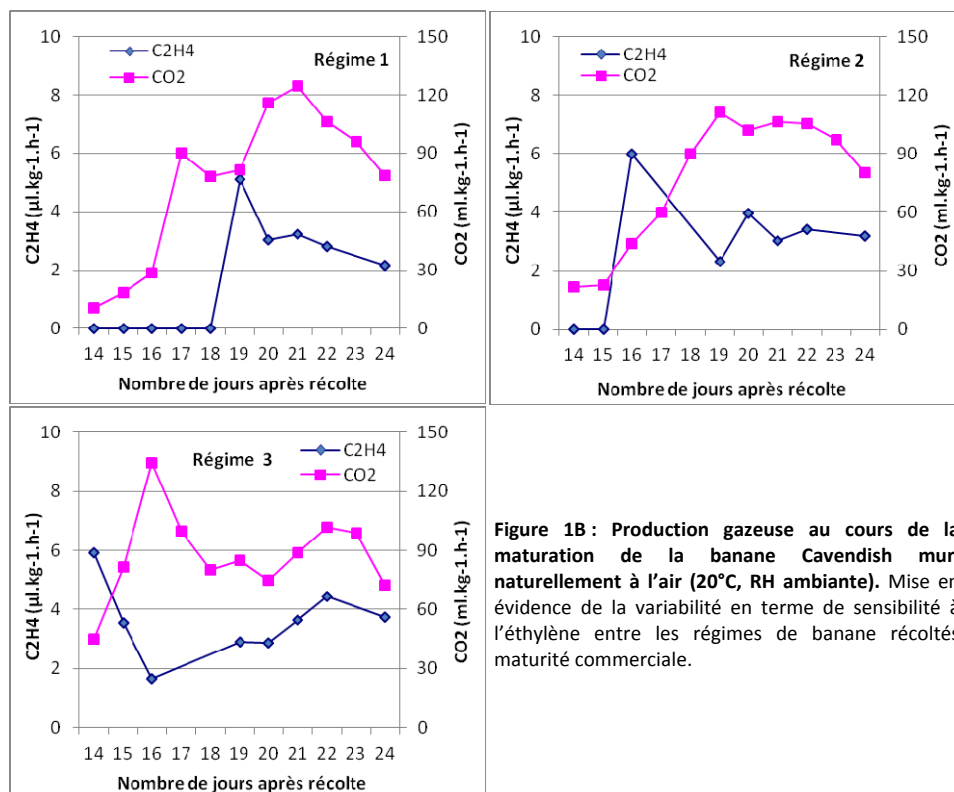


Figure 1B : Production gazeuse au cours de la maturation de la banane Cavendish murie naturellement à l'air (20°C, RH ambiante). Mise en évidence de la variabilité en terme de sensibilité à l'éthylène entre les régimes de banane récoltés à maturité commerciale.

*Nous n'avons dès lors considéré qu'un traitement des fruits à 10<sup>4</sup> ppm d'acétylène pendant 18 heures (20°C, RH ambiante) suivie d'un stockage à 20°C des fruits traités permettait une maturation lente des fruits tout en préservant les hypothétiques contrastes présents à la récolte. Le profil éthylénique et de CO<sub>2</sub> au cours de la maturation du fruit permet en plus de discriminer les stades physiologiques.*

- **Evaluation de la qualité nutritionnelle des la banane Cavendish**

Nous avons exploré l'effet du stade de récolte sur la qualité nutritionnelle chez la Cavendish. Ce travail a été réalisé dans le cadre de la thèse de Mme Christelle BONNET-BRUNO. Dans ces travaux, la nature des composés crédités de propriétés nutritionnelles ainsi que l'évolution de leur teneur au cours de la maturation post-récolte de ces fruits ont été examinés.

Les résultats obtenus ont indiqué un effet du stade de récolte sur les teneurs en polyphénols totaux variable en fonction du tissu et des saisons. Quelque soit la période, le taux de polyphénol décroît dans la pulpe du fruit récolté entre 400 et 900°C/J mais de manière plus drastique en période sèche qu'en période humide alors que dans la peau et pour la même période, une augmentation transitoire est observée à 600°C/J.

Parmi les composés phénoliques, l'évolution de la dopamine, identifiée comme une composante phénolique majeure chez la banane et aux propriétés nutritionnelles avérées<sup>1</sup> a été suivie principalement dans la peau des fruits récoltés à 400, 600 et 900°C/J et après des traitements post-récoltes. A la récolte et quelque que soit la saison, la teneur en dopamine la plus élevée a été observée dans chez le fruit récolté 400 °C/J. Elle est cependant beaucoup plus élevée chez les fruits récoltés en période sèche qu'en période humide. Durant cette période, les traitements post-récoltes s'accompagnent d'une augmentation de la teneur des fruits 400°C/J en dopamine alors qu'elle varie peu chez les fruits récoltés à 600 et 900°C/J. L'ensemble des données obtenues dans le cadre de ce travail de thèse<sup>2</sup> ouvre une perspective nouvelle de valorisation de la banane autrement qu'un produit consommé en frais.

- **Caractérisation des différentes variétés de banane**

Les travaux de caractérisation de différentes variétés de banane ont été initiés durant la période 2010-2011. Pour ce faire, nous avons mis à profit :

- les conditions d'induction et de suivi post-récolte de la maturation décrites plus haut
- la collection de travail plantée en 2008 dans le cadre du projet Valexbiotrop
- les données écophysiologiques obtenues pour chacune des variétés de cette collection à savoir l'IFJ (premier fruit jaune sur pied), le point de récolte et de la Tbase (température de base permettant de calculer les Sommes de Températures)<sup>3</sup>.

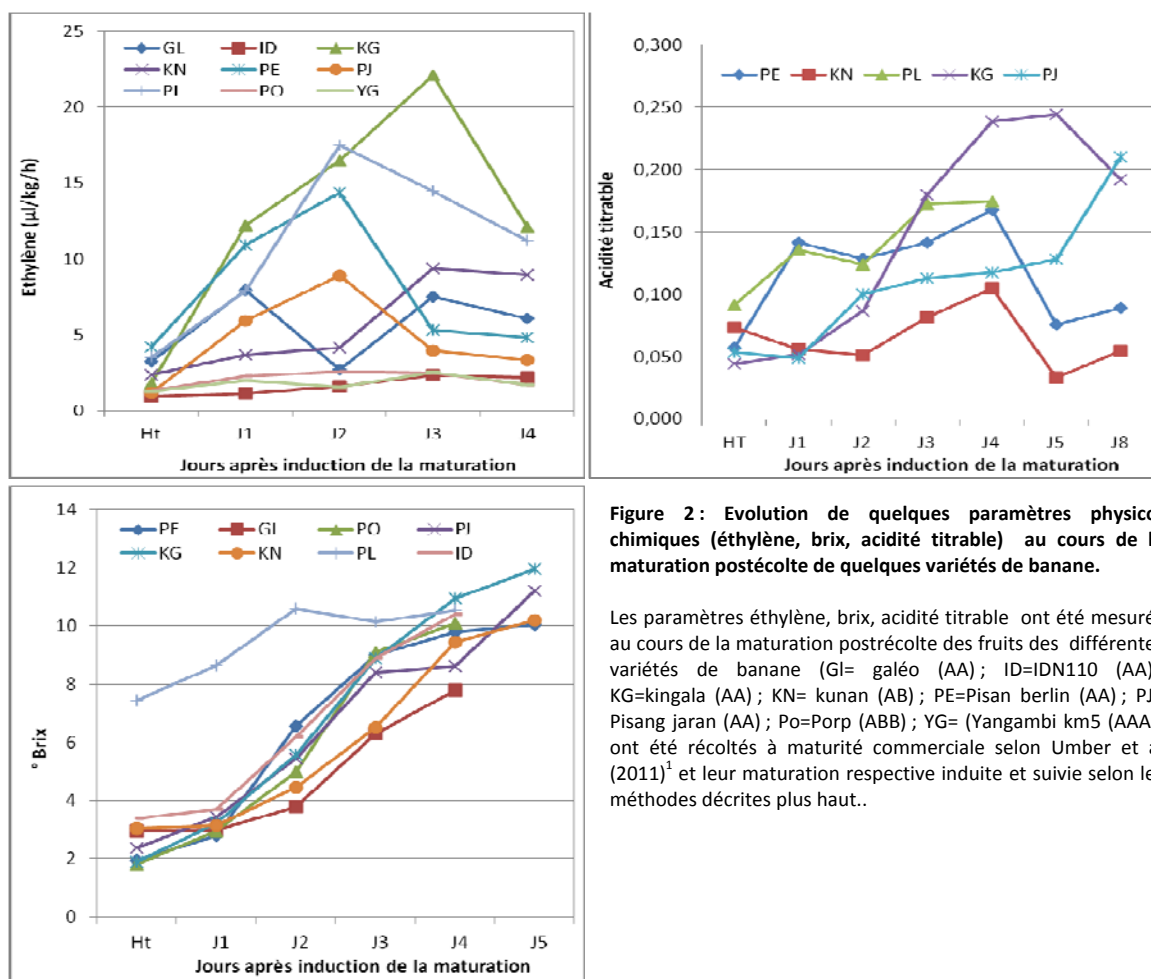
D'un point de vue physiologique, les premières données ont mis en évidence une variabilité en terme de teneur et de profil éthylénique, du brix et de l'acidité titrable (Figure 2). L'évolution de ces paramètres laisse à penser qu'ils pourraient, chez certaines variétés, être corrélés entre eux (l'éthylène et l'acidité titrable chez KG par exemple). Toute fois le nombre de répétitions reste très insuffisant pour valider ces corrélations.

---

<sup>1</sup> Kanazawa K, Sakakibara H, 2000. High content of dopamine, a strong antioxidant, in Cavendish banana, Journal of Agriculture and Food Chemistry 48, 844–848.

<sup>2</sup> Bonnet-Bruno C. 2011. Valorisation de la banane Cavendish FWI, à différents stades physiologiques de récolte pour l'obtention par procédés de chimie verte de molécules d'intérêt biologique impliquées dans les activités anti-ulcères et cardiovasculaires. Université Antilles Guyane.

<sup>3</sup> Umber M, Paget B., Hubert O., Salas I., Salmon F., Jenny C., Chillet M., Bugaud C. 2011. Application of thermal sums concept to estimate the time to harvest new banana hybrids for export Sci. Hort. 129(1):52-57



L'épuisement de cette parcelle nous a conduit en 2011 à mettre en place une nouvelle parcelle de 17 variétés (voir en annexe 1) choisies sur la base de leur contraste en terme de qualité de mise sur le marché (vitesse de maturation postrécolte, le dégrain (rupture pédoncule reste du fruit), la sensibilité et le dégagement éthylénique), leur vitesse de croissance au champ et leur point de coupe. Les variétés (20 plants) ont été plantées de manière aléatoire en octobre 2011 à partir des vitro plants.

### 2.1.2.2 Pomme surette (jujube)

#### • Contexte

Compte-tenu du contexte économiques difficile auxquels sont sujettes les productions agricoles majeures antillaises, notamment la banane, la diversification des productions agricoles en terme d'espèces et/ou de typicité de produit constitue un moyen de préserver voir d'accroître leurs revenus. Le patrimoine fruitier présent aux Antilles est large, diversifié<sup>4</sup> mais malheureusement peu exploité parce que méconnu.

Dans une perspective de valorisation de ce patrimoine, des travaux préliminaires ont été initiés à la fin de l'année 2009 dans le cadre de ce projet « QUALITE DES FRUITS » sur la pomme surette (*Ziziphus spp*), potentiellement riche en composés d'intérêt nutritionnel (propriétés antioxydantes) et agroalimentaire (propriétés de panification)<sup>5</sup>. La nature et la teneur de ces composés dans le fruit

<sup>4</sup>Lebellec F., Lebellec V., 2007. Le verger tropical: Cultiver les arbres fruitiers, Orphie Eds., Chevagny sur Guye, France. ISBN : 978-2-87763-384-0

<sup>5</sup>Azam-Ali S., Bonkoungou E., Bowe C., deKock C., Godara, A., Williams J.T. 2006. Ber and other Jujubes (*Ziziphus species*). Fruits for the Future 2 -Revised edition. Monograph. 289 p. International Centre for Underutilised Crops, University of Southampton, Southampton, UK.

dépendent fortement de l'état physiologique du fruit à la récolte et les processus post récoltes auxquels ils sont soumis. Par conséquent, l'identification de ces composés et l'évaluation comparée et objective de leur teneur au sein des différentes accessions de suretiers produits en Guadeloupe nécessite de prendre en compte l'état physiologique du fruit. Dès lors, disposer des descripteurs fiables du stade physiologique du fruit et utilisable comme critère d'échantillonnage devient un enjeu majeur dans une perspective d'évaluation comparée et objective de la qualité des différentes accessions de suretiers produits en Guadeloupe.

L'objectif de ces travaux a consisté à identifier des descripteurs robustes de l'état physiologique du fruit et utilisable comme critères d'échantillonnage dans la perspective d'une évaluation comparée de la variabilité qualitative de différentes accessions de pomme surette.

L'évolution des paramètres physicochimiques (**éthylène, couleur**), biochimiques (**brix** et **acidité titrable**) et rhéologique (**fermeté**) a été suivie au cours de la maturation sur pied des fruits issus de 4 arbres de pomme surette de la région sud Basse-Terre.

Ces travaux ont été menés dans la cadre de la thèse de Doctorat de Mlle Suzie ZOZIO, étudiante inscrite à l'Université Antilles Guyane et financée par la région Guadeloupe.

### • Résultats

Durant la période 2010-2011, deux parcelles de *Z. mauritiana* ont été sélectionnées dans la région de Baillif. Quatre arbres « différents » ont été choisis selon les caractéristiques gustatifs et morphologiques déterminés de manière empirique (Table 1).

Arbres	Lieux de récolté	Date de 1ère récolte	Date de 2nd récolte	Caractéristiques des fruits
P2	Baillif (Propriété 1)	07/12/09	11/01/10	Astringent / Gros
P3	Baillif (Propriété 2)	17/12/09	19/01/10	Sucré /Gros
P4	Vieux-habitant (Littoral)	29/12/09	13/01/10	Farineux /Petit
P5	Baillif (Propriété 2)	28/01/10	04/02/10	Amer/Tacheté blanc

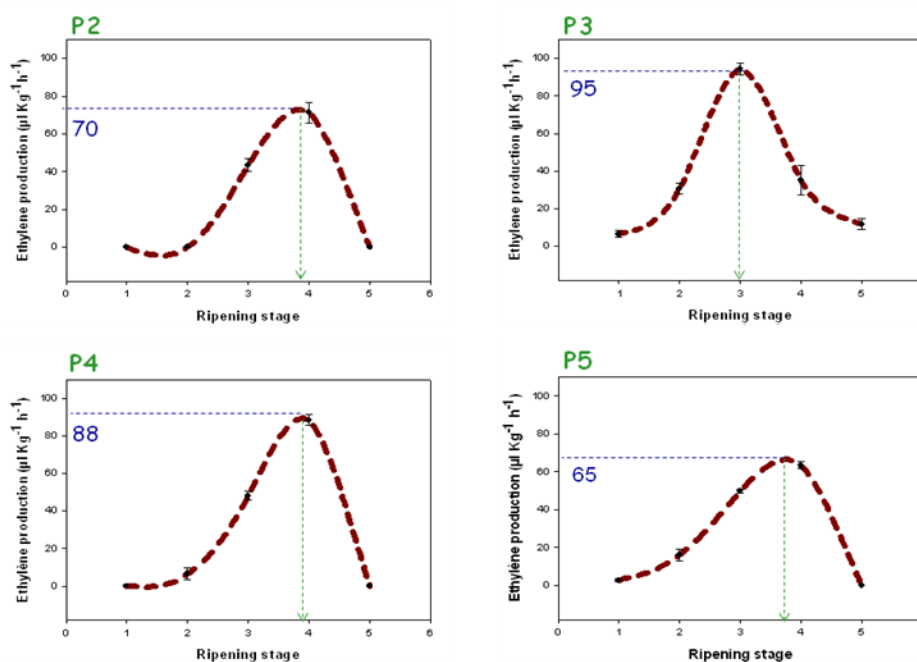
Table 1 : Caractéristiques des arbres « pomme surette » choisis utilisés dans cette études.

Une fois récoltés, les différents fruits ont été classés, sur la base de la couleur du fruit, en 5 stades de développement à raison de 100 à 150 fruits par stade. Pour chacun des stades, 3 lots ont été constitués correspondant chacun à une répétition biologique.

### Dégagement éthylénique au cours de la maturation des fruits sur pied :

Au cours de leur maturation sur pied, les fruits issus des quatre arbres ont présenté un profil éthylénique similaire avec un pic transitoire entre les stades 3 et 4 (Figure 3). Ce profil de dégagement éthylénique est similaire à celui récemment rapporté sur *Z. mauritiana* par d'autres auteurs<sup>6</sup>.

<sup>6</sup>Abbas M.F., Fandi B.S. 2002. Respiration rate, ethylene production and biochemical changes during fruit development and maturation of jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk). Journal of the Science of Food and Agriculture. 82, 1472-1476



**Figure 3 :** Teneur en éthylène dégagé en µL/Kg/h de *Z.mauritiana* des arbres P2, P3, P4 et P5 récoltés à 5 stades de maturité

#### Evolution du brix et de l'acidité titrable au cours de la maturation des fruits sur pied :

Excepté pour l'arbre P4, les trois autres arbres étudiés ont présenté un pic transitoire de matière sèche soluble et d'acidité titrable au stade 3 pour l'arbre 2, le stade 4 pour l'arbre 3 et le stade 2 pour l'arbre 5 (Table 2).

	Stade de maturité	° Brix (g/100g)	Acidité titrable (g/L)		Stade de maturité	° Brix (g/100g)	Acidité titrable (g/L)
<b>P2bis</b>	1	nd	nd	<b>P4bis</b>	1	9,00 ± 0,42	15,60 ± 1,31
	2	6,80 ± 0,25	10,29 ± 2,51		2	9,93 ± 1,55	15,52 ± 2,08
	3	15,47 ± 1,35	23,46 ± 0,55		3	13,13 ± 2,76	25,86 ± 3,81
	4	14,85 ± 0,85	19,11 ± 1,44		4	15,07 ± 0,9	18,77 ± 1,04
	5	15,5 ± 0,35	15,35 ± 0,56		5	12,50 ± 0,8	11,64 ± 1,20
<b>P3bis</b>	1	12,83 ± 0,61	18,65 ± 0,78	<b>P5bis</b>	1	16,20 ± 0,96	25,69 ± 1,81
	2	16,27 ± 0,06	18,57 ± 0,16		2	19,95 ± 1,49	28,36 ± 2,95
	3	16,63 ± 0,40	17,91 ± 0,70		3	15,55 ± 1,62	20,12 ± 1,31
	4	23,60 ± 0,42	22,66 ± 0,27		4	15,25 ± 0,21	18,64 ± 1,34
	5	17,47 ± 1,07	11,95 ± 0,63		5	18,15 ± 0,07	15,97 ± 0,26

**Table 2 :** Caractéristique physico-chimique de *Z. mauritiana* issus des 4 arbres récoltés à 4 stades de maturation

#### Evolution de la fermeté au cours de la maturation des fruits sur pieds :

L'arbre 3 s'est distingué des deux autres par un maintien de sa fermeté à des niveaux relativement élevé jusqu'au stade 4 de maturation (14% de chute de fermeté) alors que l'arbre 4 a présenté une rapide perte de fermeté à hauteur de 20% au stade 1 et 60 % au stade 4 (Figure 4).



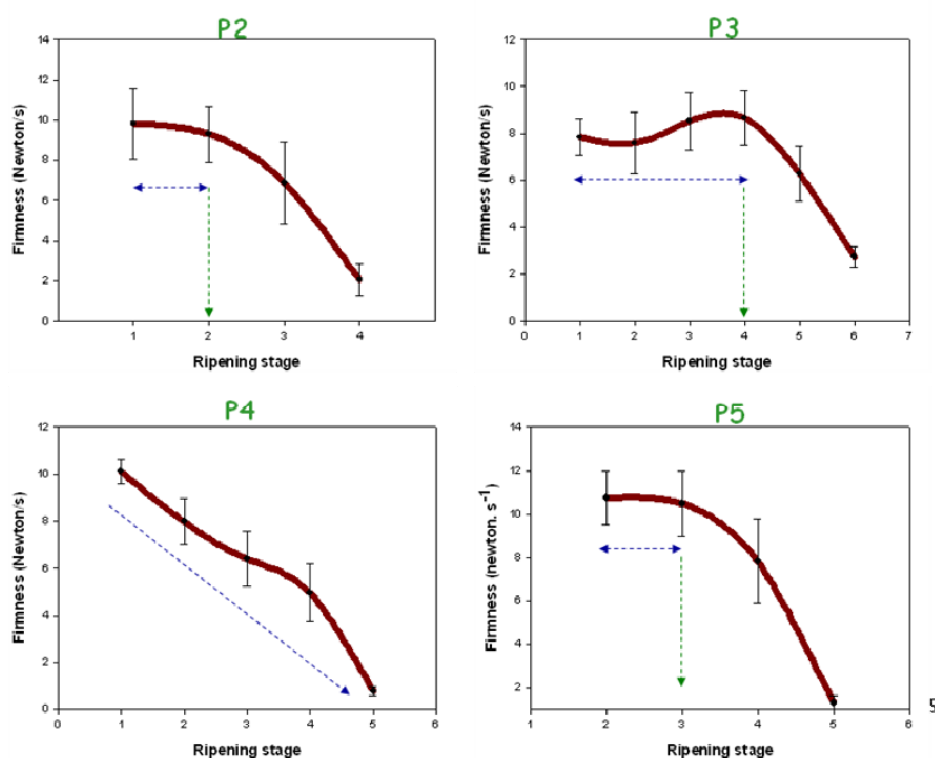


Figure 4 : Evolution de la dureté de la peau (Newton) des 4 arbres récoltés en fonction des 5 stades de maturation

#### Evolution des teneurs en polyphénols totaux du fruit au cours de sa maturation sur pieds

Les fruits cueillis en milieu de fructification ont montré, à la récolte une teneur en polyphénols comparables à ceux cueillis en fin de fructification excepté pour les fruits de l'arbre P3 dont les teneurs en polyphénols totaux sont environ 2 fois supérieures en milieu qu'en fin de fructification (**Table 3**). Au cours de la maturation, le niveau de polyphénols totaux des fruits décroît progressivement jusqu'au stade 4 et de manière drastique (76-88 % pour P2 et P2bis ; 70-85% pour les arbres P5 et P5bis) au stade 5 pour toutes les accessions excepté l'accession P3. Pour ce dernier la teneur en polyphénol ne chute que de 26 et 50% entre les stades 4 et 5 des arbres P3 et P3 bis.

Polyphénols totaux* (mg/g)					
Stades		P2	P3	P4	P5
Milieu de fructification	2	91,26 ± 1,76	95,19 ± 0,69	95,36 ± 2,28	45,00 ± 1,77
	3	59,92 ± 5,85	47,19 ± 1,50	87,48 ± 1,73	38,20 ± 1,62
	4	51,04 ± 2,15	50,36 ± 0,29	20,43 ± 0,25	28,42 ± 0,78
	5	6,35 ± 0,45	37,63 ± 0,20	2,25 ± 0,14	4,21 ± 0,25
		P2 bis	P3 bis	P4 bis	P5 bis
Fin de fructification	2	84,85 ± 3,80	43,04 ± 0,06	89,27 ± 1,96	48,80 ± 1,36
	3	50,74 ± 1,56	45,31 ± 2,53	73,60 ± 0,10	38,78 ± 0,35
	4	30,16 ± 1,52	34,28 ± 1,94	58,45 ± 2,79	24,14 ± 0,17
	5	7,22 ± 0,13	16,32 ± 0,65	2,21 ± 0,43	7,45 ± 4,23

Table 3 : Teneur des polyphénols totaux exprimés en milligramme d'acide gallique par gramme de lyophilisat, des 4 arbres récoltés en début et en fin de fructification des 5 stades récoltés

Dans un second temps, la composition des polyphénols totaux a été évaluée par HPLC liée à la masse et par CG-MS. Ces analyses réalisées à Montpellier ont focalisé sur 3 classes de molécules, les flavonoïdes (Glycoside de flavonols, acide phénoliques, flavonols, flavones), les tanins et les hétérosides (Triterpénoïdes, saponines, coumarines).

Les résultats obtenus ont montré de fortes tendances. Plusieurs glycosides de flavonols, des acides phénoliques, des flavonols, des flavones ont ainsi été identifiés. Toutefois, cette identification reste à

confirmer par de la fragmentation (MS-MS).

L'approche CG-MS a permis d'identifier plusieurs stérols végétaux (Tocopherol, Stigmast-7-en-3-ol) ainsi que des triterpènes (Lupéol) et des acides gras (Acide caproïque, Acide myristique, acide palmitique).

#### Effet des traitements post-récoltes dans l'évolution de la maturation post-récolte des fruits.

Nous avons également examiné le caractère climactérique et non climactérique de la maturation de la pomme surette. Pour ce faire, nous avons choisis les deux arbres P3 et P5 présentant respectivement les plus forte et faible teneurs en éthylène. Pour chacun de ces arbres, les fruits ont été pris aux trois premiers stades. Après un traitement à l'acétylène (1000ppm/20h/20°C), un analogue de l'éthylène ou le 1-MCP (1-méthylcyclopropène) (0.5ppm/20h/20°C), inhibiteur de l'éthylène, les fruits ont été laissés à mûrir à l'air et leur production d'éthylène mesurée.

Les résultats obtenus ont indiqué que les fruits des deux accessions P3 et P5 présentaient un comportement climactérique. En effet, à des degrés divers selon le degré de précocité du stade de récolte, la maturité des fruits pouvait être induite par un traitement à l'acétylène et inhibée par le 1-MCP. Ils ont également indiqué une différence en terme de vitesse de maturation post-récolte, les fruits de l'accession P3 ont présenté une vitesse de maturation rapide contrairement aux fruits P5. Toute fois, le nombre de répétitions biologiques restent insuffisants pour valider ces données. Une partie des données obtenues durant cette période 2010-2011 est en cours de valorisation sous forme de publication<sup>7</sup>.

## **2.2. Mécanismes physiologiques et élaboration de la qualité de la banane (thème 2)**

### **2.2.1. Actions prévues dans le cadre du projet**

Trois actions étaient prévues dans le cadre de ce projet :

- l'obtention des ressources génomiques,
- la compréhension des mécanismes physiologiques,
- l'identification (la dérivation) des marqueurs moléculaires à partir de gènes candidats.

Ces actions ont été ciblées sur 3 mécanismes physiologiques associés à la maturation de la banane:

- *La sensibilité à l'éthylène et l'initiation de la maturation :*

La sensibilité à l'éthylène et l'initiation de la maturation sont deux processus physiologiques qui influence la durée de vie verte du fruit dont la longueur doit être compatible avec la contrainte de transport pour banane d'exportation, et d'autre part, vitesse de maturation post-récolte dont dépend la durée de vie commerciale du fruit.

- *Le dégrain :*

Il se définit comme étant la rupture du pédoncule au reste du fruit. La sensibilité au dégrain est négativement corrélée à la durée de vie commerciale du fruit et s'est révélé être un des freins au développement des nouveaux hybrides créés par le CIRAD.

- *Métabolisme des sucres et des acides organiques :*

Ce processus physiologique influence la qualité organoleptique du fruit, critère majeur d'acceptabilité des nouvelles variétés de banane par le consommateur

### **2.2.2. Résultats obtenus**

- **Le dégrain**

Les travaux réalisés sur le dégrain lors de la précédente tranche du projet « QUALITE DES FRUITS » a montré que leur induction drastique intervient dès la fin de l'induction de la maturation<sup>8</sup>. Pour certains de ces gènes, leur induction précède, d'une part, la production d'éthylène (hormone de la maturation), et, d'autre part, l'expression par le fruit du dégrain détectée par des mesures physiques. Par ailleurs, l'expression de certains de ces gènes, notamment ceux codant pour les pectases lyases

<sup>7</sup> Zozio S., Hubert O., Hiol A., Pallet D., Max Reynes M., Mbéguié-A-Mbéguié D. Physicochemical characterization, during ripening *IN-Planta* and after postharvest treatments, of JUJUBE fruits (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) from two accessions grown in Guadeloupe. En préparation

<sup>8</sup> Mbéguié-A-Mbéguié D., Hubert O., Baurens F.C., Sidibé-Bocs S., Matsumoto T., Chillet M., Fils-Lycaon B. (2009). Expression patterns of cell wall modifying genes from banana during ripening in relationship with finger drop. *Journal of Experimental Botany* 60 (7): 2021-2034.

(*MaPEL1* et *MaPEL2*) et un des gènes d'expansine (*MaEXP1*), est positivement régulée par l'éthylène, voire également par l'auxine pour le gène *MaEXP1*<sup>9,10</sup>. Parce que les interactions hormonales constituent un des leviers importants de l'induction et du contrôle des processus physiologiques de la maturation, les données obtenues nous ont conduits à explorer les facteurs initiateurs du phénomène du dégrain.

Durant la période 2010/2011, nous avons examiné l'hypothétique rôle de l'éthylène dans le contrôle du phénomène du dégrain. Pour ce faire, les fruits Cavendish récoltés à différents stades de développement en vert correspondant à une différence de sensibilité à l'éthylène ont été traités à 1000 ppm d'acétylène pendant 24h et leur maturation suivie pendant 5 jours à 20°C.

Durant cette période, l'évolution du dégrain ainsi que d'autres paramètres physico-chimiques ont été mesurés. Parallèlement, l'expression des gènes de biosynthèse et de transduction du signal de l'éthylène a été analysée comparativement dans la zone dégrain (DZ) où s'opère la rupture pédoncule/reste du fruit et dans la zone médiane (CZ) (Figure 5).

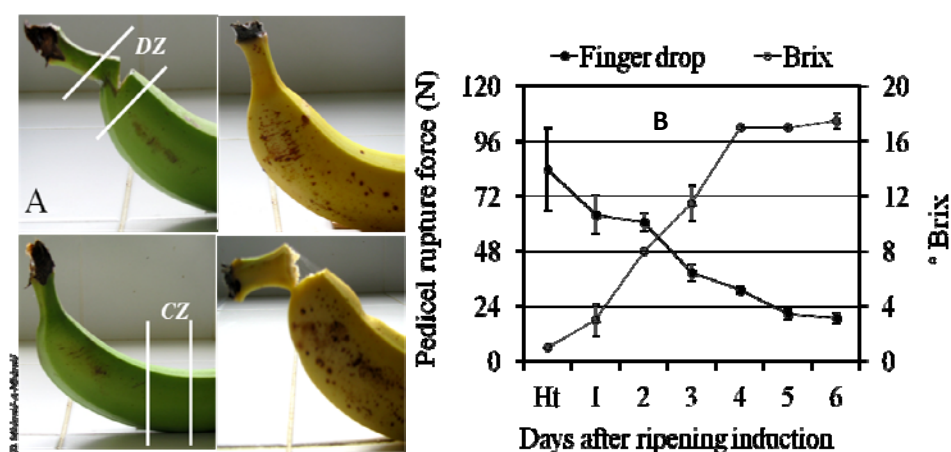


Figure 5 : Expression du dégrain (A) et mesure de son évolution via la force de rupture du pédoncule (B). le dégrain s'exprime au cours de la maturation post-récolte de la banane concomitamment à d'autres paramètres de qualité comme le degré Brix (matière sèche soluble) (B)

Les mesures physico-chimiques ont montré une absence de corrélation directe entre le niveau de sensibilité du fruit et l'expression du dégrain (Figure 6). En effet, aucune différence n'est observée entre les fruits aptes à mûrir mais différenciellement sensibles à l'éthylène de la maturation, contrairement à la fermeté de la pulpe, la couleur des paramètres physico-chimiques connus pour être associés à l'éthylène de la maturation.

<sup>9</sup>Pua EC, Ong CK, Liu P, Liu JZ. 2001. Isolation and expression of two pectate lyase genes during fruit ripening of banana (*Musa acuminata*). *Physiologia Plantarum* 113, 92-99.

<sup>10</sup> Trivedi PK, Nath P. 2004. *MaEXP1*, an ethylene-induced expansin from ripening banana fruit. *Plant Science* 167, 1351-1358.

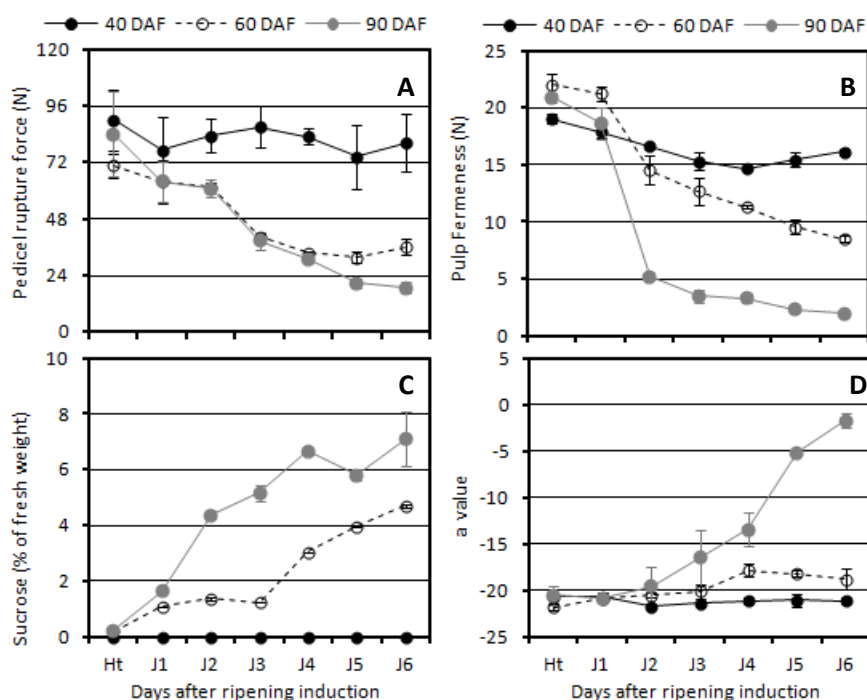


Figure 6: Evolution de du dégrain, de la fermeté de la pulpe, du sucrose et de la couleur au cours de la maturation post-récolte des fruits Cavendish à l'air (20°C/HR ambiante) récoltés à différents stades de développement en vert (40, 60 et 90 °C/J) et mûris après un traitement à l'acétylène (100 ppm/20°C/24h/HR ambiante).

Au niveau moléculaire, les données d'expression ont été générées et les premières analyses comparées des profils dans les zones ZC et ZD initiées en 2010/2011. Pour les gènes de biosynthèse de l'éthylène (*MaACO1* et *MaACO2* codant pour l'ACC oxydase et *MaACS1* à 4 codant pour l'ACC synthase, Figure 7), les analyse comparée des profils a montré que la mise en place du processus du dégrain s'accompagne d'une induction des gènes de la synthèse de l'éthylène de la maturation (*MaACS1* et *MaACO1*) mais aussi de celui impliqué dans la synthèse de l'éthylène de blessure dans la peau (*MaACS2*).

Au niveau des voies de signalisation, aucune modification d'expression n'a été observée chez les gènes codant pour les éléments de signalisation spécifique à l'éthylène de la maturation mais plutôt pour ceux codant les éléments de cette voie situés à l'intersection entre la voie de signalisation éthylénique et d'autres voies de signalisation.

Mis en commun, ces résultats indiquent que l'éthylène via son rôle dans le control du processus global de la maturation de la maturation participe de manière indirecte à la régulation du dégrain sans en être le facteur initiateur.

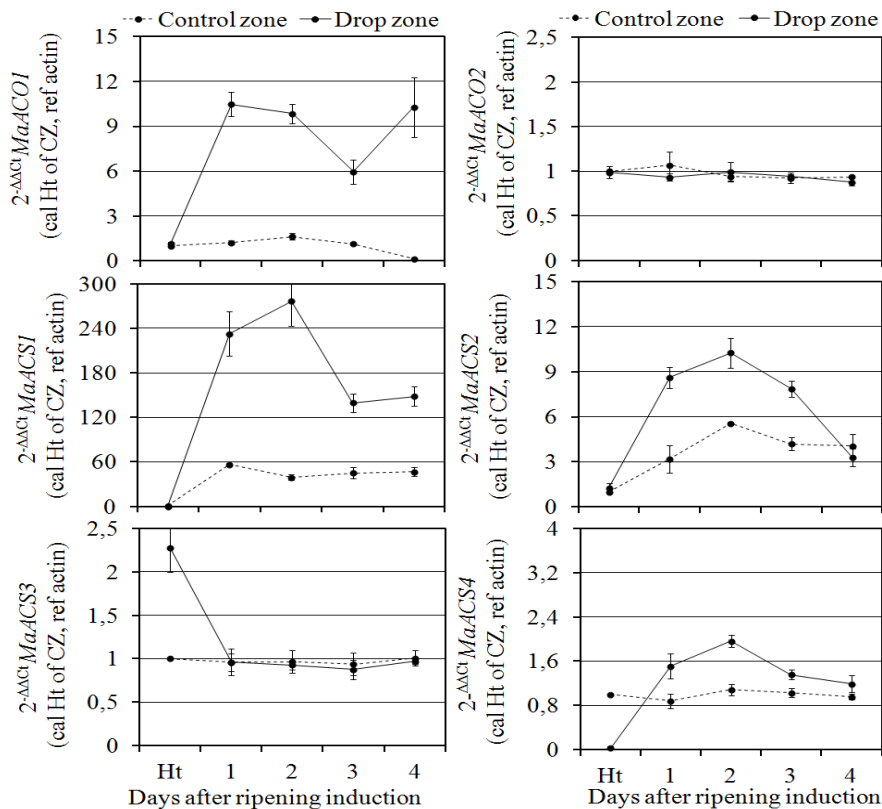


Figure 7: Expression des gènes de la biosynthèse de l'éthylène au cours de la maturation de la banana Cavendish et comparativement dans les zones dégrain et médiane du fruit.

- **Métabolisme des sucres et qualité organoleptique:**

Durant la période 2010/2011, les efforts ont été portés d'une part sur deux points:

- *La valorisation des résultats antérieurs*

L'ensemble des données obtenues des travaux antérieurs sur le thème du métabolisme du saccharose ont été valorisé durant la période 2010/2011 sous forme d'une publication scientifique<sup>11</sup>.

Réalisés sur quelques variétés de banane issues de la collection du CIRAD en Guadeloupe, ces travaux avaient permis de constater que les teneurs en différents sucres solubles du type saccharose, glucose et fructose, variaient d'une variété à l'autre. Deux variétés dites « à cuire » sont quasiment dépourvues de saccharose, et accumulent, à la place, du glucose et du fructose, ce qui impacte vraisemblablement leur qualité gustative et nutritionnelle. L'investigation a été poursuivie, et a permis de montrer qu'une activité enzymatique responsable de l'hydrolyse du saccharose (Invertase acide) était très nettement plus importante dans le cas de ces variétés très pauvres en saccharose, et qu'un des gènes (celui d'une invertase pariétale) codant pour tout ou partie de cette activité y était 100 fois plus exprimé que dans les variétés accumulant du saccharose. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par d'autres équipes, chez la tomate notamment (tant au niveau de cette activité enzymatique que du niveau d'expression génique). Ils montrent clairement que le catabolisme du saccharose chez la banane constitue un point discriminant affectant la teneur du fruit en saccharose chez certaines variétés, et que l'activité enzymatique de type invertase acide pourrait bien être le facteur déterminant du rapport entre la teneur en saccharose et celles en glucose plus fructose dans le fruit.

- *La recherche, au sein de la famille de gènes d'invertase acide, d'autres membres potentiellement impliqués dans la régulation du taux de saccharose du fruit.*

Dans une démarche de contribution de la construction de la qualité par hybridation et sélection

<sup>11</sup> Fils-Lycaon B., Julianus P., Chillet M., Galas C., Hubert O., Rinaldo D., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2011. Acid invertase as a serious candidate to control the balance sucrose versus (glucose + fructose) of banana fruit during ripening. Scientia Horticulturae 129: 197-206

assistée par marqueurs, le gène d'invertase pariétale identifié pourrait constituer un candidat potentiel pour la définition de tels marqueurs. Cependant, sa validation comme candidat préalable à son utilisation dans un tel programme, passe par une meilleure connaissance de sa structure et de son fonctionnement, ainsi que de ses éventuels apparentés, ceci chez un échantillon de variétés plus large et génétiquement divergentes. Par ailleurs, l'activité invertase acide pouvant être à double composante (vacuolaire et pariétale), il est également nécessaire d'examiner séparément le niveau d'activité des deux composantes, ainsi que le degré d'implication potentielle du (des) gène(s) correspondant dans le contrôle de la teneur en saccharose du fruit.

Compte-tenu du lien évident entre le métabolisme du saccharose du fruit et sa qualité gustative, il nous est apparu intéressant de mettre en corrélation les travaux menés dans le cadre de ce projet sur le métabolisme du saccharose et les analyses sensorielles des différentes variétés de banane réalisées au même moment en Martinique. C'est ainsi que les 11 variétés (annexe 2) de banane considérées comme représentatives de la variabilité sensorielle des bananes<sup>12</sup> et utilisées pour les analyses de diversité sensorielle ont également servi de matériel de départ aux travaux réalisés dans le cadre ce projet. Par ailleurs, tenant compte du fait que ce projet s'inscrit dans un projet plus global d'amélioration de la banane dessert d'exportation et contrairement aux objectifs de départ, le choix a été fait de focaliser sur les variétés desserts dont quelques géniteurs diploïdes utilisés dans les schémas de croisement.

En 2010/2011, les fruits récoltés à maturité commerciale ont été muris à l'air à 20°C après traitement à l'éthylène (1000 ppm/24h/20°C). Durant cette maturité post récolte, un échantillon de tissu de pulpe du fruit a été prélevé 3, 6, 9 et 13 jours après induction de la maturation, stabilisé dans de l'azote liquide et stocké à 80°C.

L'expression de chacun des 10 gènes d'invertase acide isolés entre 2008 et 2010, dont 7 d'origine pariétale et 3 d'origine vacuolaire, a ensuite été analysée dans ces tissus et les données obtenues mises en corrélation avec l'évolution des activités enzymatiques d'invertase acide (pariétale et vacuolaire) d'une part, et celle des teneurs en saccharose et glucose et fructose, d'autre part, obtenues par les collègues de l'INRA.

Au niveau biochimique, les données obtenues ont montré une forte tendance en terme de variabilité des teneurs en saccharose du fruit dans les phases tardives de la maturation.

L'analyse des séquences a montré que l'ADNc *MacwINV1* pouvait être codé par deux gènes *MaCIN1.1* et *MaCIN1.2*. En terme d'expression, les données obtenues ont mis en évidence une variabilité en terme de vitesse de dégradation du saccharose et d'accumulation de glucose et fructose avec des variétés dites saccharose dominant et d'autres Gluc + Fruc dominant. Elles ont également montré que l'activité invertase acide n'est pas uniquement le fait du gène d'invertase *MaCIN1.1/MaCIN 1.2*, d'autres gènes de nature différente selon les variétés, contribueraient également à l'activité invertase acide totale mesurée au cours de la maturation du fruit.

Cependant, aucun des ces gènes n'a pu être clairement validé comme candidat dans nos conditions expérimentales y compris le gène *MacwINV1* considéré comme tel dans nos études préliminaires, aucun d'entre eux n'ayant présenté un profil d'expression clairement corrélé à celui des teneurs en saccharose du fruit. Ce manque de corrélation peut être la conséquence d'un biais méthodologique lié à l'échantillonnage des fruits et/ou des biais liés aux analyses d'expression de gène. En effet, cet échantillonnage a été réalisé sur un pas de temps calendaire large (tous les 3 jours après induction de la maturation) qui rend difficile une appréciation de la cinétique d'évolution des processus physiologiques. De plus ce mode d'échantillonnage peut ne pas être synchrone à la vitesse de maturation respective des fruits, laquelle peut varier d'une variété à l'autre. Quant aux analyses d'expression génique, nous avons utilisé l'approche PCR quantitative en temps réelle (qPCR) connue pour être extrêmement sensible aux variations structurelles des génomes. L'ensemble des amorces que nous avons utilisées en qPCR ont été dessinées à partir de la séquence Cavendish et n'ont pas forcément la même efficacité chez les 10 autres variétés testées dans cette étude. Pour toutes ces

---

<sup>12</sup> Bugaud C., Deverge E., Daribo M.-O., Ribeyre F., Fils-Lycaon B., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2011. Sensory characterisation enabled the first classification of dessert bananas. J Sci Food Agric 91: 992–1000

raisons, l'examen de la relation expression des gènes d'invertase-taux de saccharose méritent d'être repris sur un échantillon moins large et contrasté en terme de teneur en saccharose. Pour ce faire, les acquis biochimiques issus de ce travail pourront être mis à profit pour sélectionner au sein des 11 variétés les modèles expérimentaux les plus adaptés.

- **Dérivation des marqueurs à partir des séquences d'invertase acide d'origine vacuolaire et pariétale**  
Au moyen de l'approche bioinformatique, des marqueurs de types SSR et SNPs ont pu être dérivés à partir des séquences des gènes *MaCINs* et *MaVINs*. Mais pour qu'ils puissent être utilisés comme filtres précoces au programme d'amélioration variétale, le lien entre ces marqueurs et la teneur en saccharose du fruit reste cependant à établir au moyen d'études de génétiques poussées par exemple (d'héritabilité des caractères, recherche de QTL)<sup>13</sup>.

Par ailleurs, la qualité organoleptique du fruit notamment sa composante saveur résulte de l'équilibre sucre/acides organiques. Si le métabolisme des sucres a fait l'objet de nombreuses études, on ne sait que peu de choses sur celui des acides organiques en terme de composés majeurs et des voies métaboliques clé régulant leur teneur chez la banane. D'où l'intérêt que nous envisageons de porter à cette composante chez la banane en liaison avec la qualité organoleptique du fruit.

- **Sensibilité des fruits à l'éthylène et initiation de la maturation**

Dans nos précédents travaux, nous avons mis en évidence une variabilité au cours du développement en vert du niveau de sensibilité du fruit à l'éthylène concomitamment à une modification spécifique de l'expression des gènes de la signalisation de l'éthylène<sup>14</sup> d'une part et de manière plus globale celle d'un grand nombre d'autres gènes après un examen à petite échelle<sup>15</sup>. Chez une autre variété IDN110, l'analyse de l'impact du mode de maturation a de nouveau permis de mettre en avant l'importance de la sensibilité du fruit à l'éthylène comme étant un paramètre important du contrôle de la vitesse de maturation post-récolte du fruit<sup>16</sup>.

Durant la période 2010/2011, nous avons focalisé nos efforts sur l'isolement d'autres gènes de signalisation de l'éthylène notamment celui codant pour une protéine régulatrice de l'éthylène (*MaCTR1*) et ceux codant pour les facteurs de transcriptions secondaires de type ERF. Ce travail a été interrompu après l'isolement de la séquence partielle du gène *MaCTR1* dès lors que le projet de séquençage du génome de bananier a été initié. En effet, l'aboutissement de ce projet mené sur la variété standard Cavendish permettrait l'accès à l'ensemble des gènes présents dans le génome de cette variété.

Cette nouvelle situation nous a conduit à anticiper la mise en œuvre de la suite du projet prévu sur ce thème. Ainsi a été initiée au début de l'année 2011, l'étude de l'impact du stade de récolte sur le devenir post-récolte des critères de qualité.

L'avènement aux Antilles de la maladie des raie noires à laquelle est sensible l'unique variété d'exportation la Cavendish et ses conséquences sur la qualité du fruit imposent aux acteurs de la filière de nouvelles stratégies de lutte. En effet, une des conséquences couramment observée chez le bananier infecté par le pathogène est la réduction drastique de la durée de vie verte du fruit avec à la clé une forte augmentation de phénomène de maturation précoce au champ mûr d'arrivage. Il s'en suit pour le producteur, une perte sèche en terme de quantité de production exportée et donc de

---

<sup>13</sup> Mbéguié-A-Mbéguié D., Julianus P., Galas C., Hubert O., Bugaud C., Deverge E., Marie-Odette Daribo M.-O., Rinaldo D., Fils-Lycaon B. 2011. Etude de la biodiversité de la banane quant au métabolisme des sucres : Construction de la qualité organoleptique et nutritionnelle à travers la recherche de marqueurs moléculaires associés à la teneur en saccharose du fruit. Projet Hors PO Metasuc Région Guadeloupe 2010-2011. Rapport Final d'Exécution. 16 p.

<sup>14</sup> Mbéguié-A-Mbéguié D., Hubert O., Fils-Lycaon B., Chillet M., Baurens F.-C. 2008b. EIN3-like gene expression during fruit ripening of Cavendish banana (*Musa acuminata* cv. Grande naine). *Physiologia Plantarum* 133: 435-448

<sup>15</sup> Mbéguié-A-Mbéguié D., Hubert O., Sabau X., Chillet M., Fils-Lycaon B., Baurens F.-C. 2007. Use of Suppression Subtractive Hybridization approach to identify genes differentially expressed during early banana fruit development undergoing changes in ethylene responsiveness. *Plant Science* 172: 1025-1036

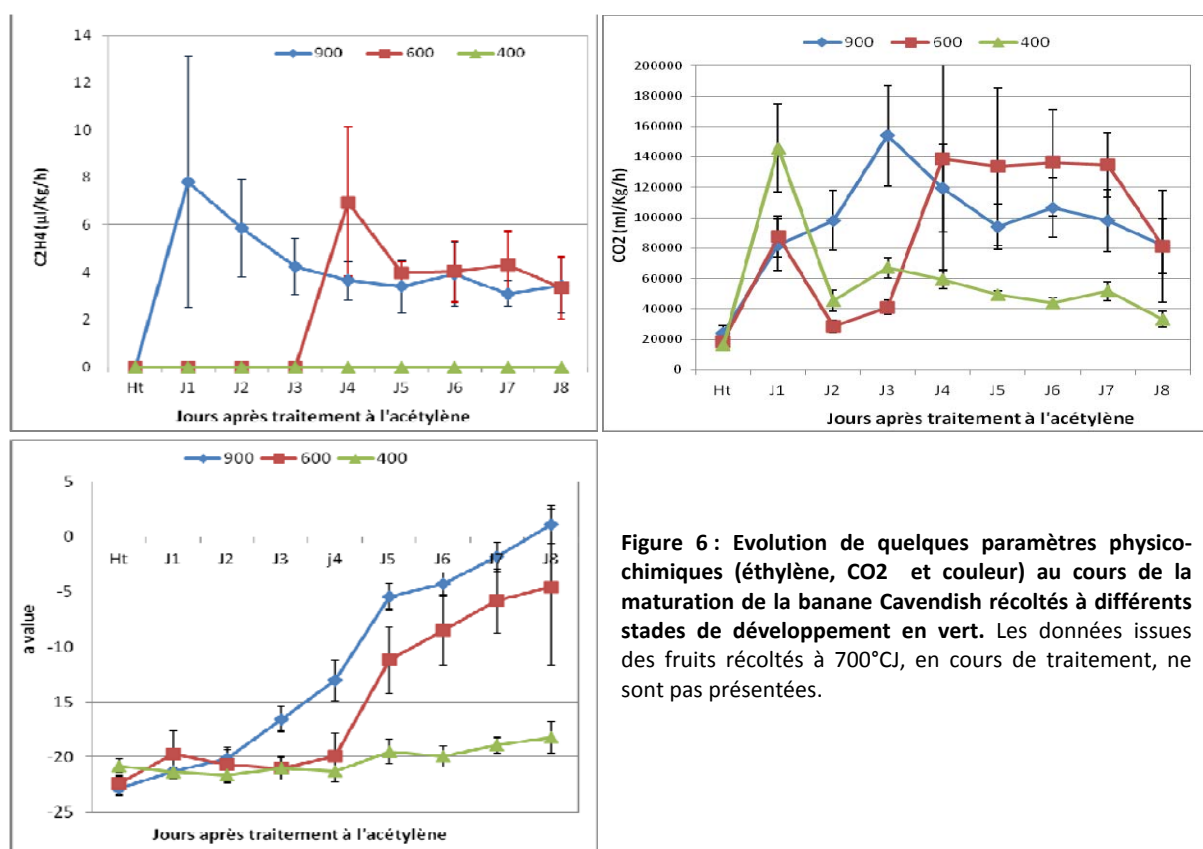
<sup>16</sup> Hubert, O., Chillet, M., Juliannus, P., Fils-Lycaon, B. and Mbéguié-A-Mbéguié, D. 2010. Effect of mode of ripening on ethylene biosynthesis during ripening of diploid banana (*Musa* SPP) fruit. *Acta Hort.* (ISHS) 879:385-392. [http://www.actahort.org/books/879/879\\_41.htm](http://www.actahort.org/books/879/879_41.htm)

revenu. Dans le contexte d'une infection, la récolte des fruits à des stades physiologiques précoces peut permettre au producteur de limiter les conséquences de l'infection du bananier sur la réduction de la quantité des productions. Cette précocité de récolte influencera quantitativement la production pour cause d'un remplissage inachevé. Mais elle peut être sans effet majeur sur le final du producteur, qui pourrait ainsi limiter les traitements et les coûts associés, si la qualité de sa production est améliorée ou du moins préservée. D'où la nécessité de disposer des connaissances sur l'impact des conditions pré-récoltes opérant au champ (stades de récolte, mise en place des précurseurs) sur le devenir en post-récolte des critères de qualité du fruit. Connaissances qui font actuellement défaut.

A travers l'étude de l'impact du stade de récolte sur le devenir post-récolte des critères de qualité nous souhaitons aborder un certain nombre de questions de recherche autour de la relation en terme de critères de majeur de la banane (dégrain, vitesse de maturation post-récolte, qualité organoleptique) entre le pré et le post-récolte.

- Quelle est la dynamique de mise en place de voies métaboliques associées d'une part à l'acquisition de l'aptitude à mûrir d'une part et aux critères de qualité d'intérêt (dégrain, vitesse de maturation post-récolte, qualité organoleptique)?
- L'influence des interactions hormonales dans cette dynamique ?

Deux essais ont été mis en place au 1<sup>er</sup> et 2<sup>nd</sup> semestre 2011 chez la variété Cavendish récoltée à 3 stades de développement en vert (400, 600 et 900°C/J). Une fois récoltée, la maturation des fruits a été induite dans les conditions décrites en page 6 (10<sup>4</sup>ppm d'acétylène/18 heures/20°C/RH ambiante suivie d'une maturation 20°C). Durant cette maturation post récolte, l'état physiologique du fruit a été évalué tous les jours pendant 8 jours, à travers la mesure de trois paramètres physico-chimiques dont l'éthylène, le CO<sub>2</sub> et la couleur (Figure 6).



Les résultats obtenus indiquent un différentiel en terme de vitesse de maturation post-récolte entre les fruits récoltés à 400, 600 et 900°CJ. De plus, le profil de dégagement d'éthylène de ces fruits au cours de leur maturation post récolte montre également un décalage dans le temps du début de dégagement éthylénique indiquant ainsi une différence de sensibilité des fruits à l'éthylène. Les fruits



récoltés à 400°CJ inaptes à mûrir ne produisent pas du tout d'éthylène contrairement aux fruits récoltés à 600 et 900 dont le début de dégagement éthylénique est observé respectivement 3 et 1 jour après la fin de l'induction de la maturation. Les données issues des fruits récoltés à 700°CJ sont en cours de traitement.

## 2. INDICATEURS QUALITATIFS ET QUANTITATIFS

**Indicateurs de réalisation et de résultats affectés à l'opération: (à compléter IMPERATIVEMENT à l'instruction du dossier pour la rubrique "objectif prévue; à la fin de l'opération pour la rubrique "réalisation")**

### Publications

#### • Article dans une revue à comité de lecture avec ou sans facteur d'impact

1. Bruno-Bonnet C., Hubert O., Mbéguié-A-Mbéguié D., Pallet D., Hiol A., Poucheret P. Effects of the physiological harvest stages on biochemical composition of FWI Cavendish bananas (en préparation).
2. Bugaud C., Deverge E., Marie-Odette Daribo M.-O., Ribeyre F., Fils-Lycaon B., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2011. Sensory characterisation enabled the first classification of dessert bananas. J Sci Food Agric 91: 992–1000
3. Hubert, O., Chillet, M., Juliannus, P., Fils-Lycaon, B., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2010. Effect of mode of ripening on ethylene biosynthesis during ripening of diploid banana (Musa SPP) fruit. Acta Hort. (ISHS) 879:385-392. [http://www.actahort.org/books/879/879\\_41.htm](http://www.actahort.org/books/879/879_41.htm)
4. Fils-Lycaon B., Julianus P., Chillet M., Galas C., Hubert O., Rinaldo D., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2011. Acid invertase as a serious candidate to control the balance sucrose versus (glucose + fructose) of banana fruit during ripening. Scientia Horticulturae 129: 197-206
5. Mbéguié-A-Mbéguié D., Hubert O., Julianus P., Galas C., Bugaud C., Deverge E., Marie-Odette Daribo M.-O., Rinaldo D., Fils-Lycaon B. 2011. Etude de la biodiversité de la banane quant au métabolisme des sucres : Construction de la qualité organoleptique et nutritionnelle à travers la recherche de marqueurs moléculaires associés à la teneur en saccharose du fruit. Projet Hors PO Metasuc Région Guadeloupe 2010-2011. Rapport final d'Exécution. 16 p.
6. Rinaldo D., Mbéguié-A-Mbéguié D., Fils-Lycaon B. 2010. Advances on polyphenols and their metabolism in sub-tropical and tropical fruits. Trends in Food Science & Technology, 21 (12): 599-606.
7. Zozio S., Hubert O., Hiol A., Pallet D., Max Reynes M., Mbéguié-A-Mbéguié D. Physicochemical characterization, during ripening *IN-Planta* and after postharvest treatments, of JUJUBE fruits (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) from two accessions grown in Guadeloupe. (En preparation)

### Stages et Formation

#### • Activités d'enseignement

2 heures de cours à l'Université Antilles Guyane en 2010 et en 2011 niveau MASTER

#### • Activités d'encadrement

**2010-2012 : Suzie ZOZIO**

« Evaluation de la qualité nutritionnelle de la pomme-surette (*Ziziphus mauritiana* Lam.) en vue de sa valorisation ». Thèse Ecole doctorale Université Antilles Guyane/UMR QUALISUD

**2010-2012 : Christelle BONNET**

« Valorisation de la banane Cavendish FWI, à différents stades physiologiques de récolte pour l'obtention par procédés de chimie verte de molécules d'intérêt biologique impliquées dans les activités anti-ulcères et cardiovasculaires » Thèse Ecole doctorale Université Antilles Guyane/UMR QUALISUD

### 3. PERSPECTIVES 2012-2013 – VALORISATION

#### 3.1. Valorisation

##### Publication d'articles scientifiques des données acquises

Cette valorisation se fera sous forme d'articles scientifiques dans les revues à comité de lecture, par voie d'affiche et/ou voie orale dans des congrès internationaux, rédaction deux rapports diplômants. Seront valorisées les données obtenues dans le cadre des travaux menés sur:

- La relation entre l'éthylène de la maturation et la régulation du dégrain
- L'évaluation de la variabilité qualitative des pommes surettes
- L'impact des stades de récolte et des traitements post-récoltes sur la qualité nutritionnelle des bananes

##### Formation diplômantes

La soutenance de deux thèses dont une partie des travaux a été réalisée au laboratoire est prévue durant la période 2012/2013.

##### **Second semestre 2012 : Christelle BONNET**

*« Valorisation de la banane Cavendish FWI, à différents stades physiologiques de récolte pour l'obtention par procédés de chimie verte de molécules d'intérêt biologique impliquées dans les activités anti-ulcères et cardiovasculaires »* Thèse Ecole doctorale Université Antilles Guyane/UMR QUALISUD

##### **Premier semestre 2013 : Suzie ZOZIO**

*« Evaluation de la qualité nutritionnelle de la pomme-surette (Ziziphus mauritiana Lam.) en vue de sa valorisation »*. Thèse Ecole doctorale Université Antilles Guyane/UMR QUALISUD

### 4. PERSPECTIVES 2012-2013 – PROJET

La période 2012/2013 verra la poursuite des actions entamées lors des tranches précédentes.

#### *Thème 1 : Caractérisation de la variabilité qualitative des différentes variétés de banane présentes en Guadeloupe.*

Les travaux réalisés sur ce thème s'appuieront sur la nouvelle parcelle d'essai mise en place à la fin de l'année 2011. Les premières floraisons sont attendues pour le second semestre 2012. Pour chacune des variétés, les fruits seront récoltés au stade de maturité commerciale déterminé sur la base de la loi mathématique proposée Umber et al., (2011) puis traités comme décrit précédemment en page 4.

La caractérisation consistera à évaluer tous les jours sur une période de 8 jours, le dégagement gazeux des fruits (éthylène/CO<sub>2</sub>) couplé aux mesures biochimiques (sucre soluble totaux, couleur et acidité titrable), mécaniques (fermeté, de la pulpe, dureté de la peau, dégrain), arômes et acides organiques.

L'analyse des données consistera à :

- rechercher des corrélations entre ces différents paramètres
- identifier dans la mesure du possible les variétés contrastées utilisables comme modèles pour aborder les mécanismes régulateurs de ces critères.

#### *Thème 2 : Compréhension des mécanismes physiologiques qui gouvernent les critères de qualité d'intérêt chez la banane.*

##### **• Sensibilité des fruits à l'éthylène et initiation de la maturation : modèle Cavendish**

Nous explorerons les questions relatives aux relations entre le pré récolte et le post-récolte. Pour ce faire, nous mettrons à profit le matériel végétal issu des essais mis en place en 2011 pour aborder la dynamique de mise en place de certaines voies métaboliques:

- régulant la teneur du fruit en acide organique majeurs dont la malate, citrate et oxalate. Pour ce faire, ces composés seront dosés au cours de la maturité des fruits Cavendish récoltés à différents stades de développement en vert. Parallèlement, sera examinée sur ces mêmes

tissus l'expression des gènes de la malate et d'aconitase par PCR en temps réel.

- associées à l'acquisition de l'aptitude à mûrir. L'expression des gènes de signalisation de l'éthylène sera examinée par PCR en temps réel.

- **Le dégrain**

Trois actions sont envisagées.

- Exploration d'autres voies métaboliques impliquées dans le dégrain et identification des gènes associées

Les études moléculaires menées jusqu'à présent ont essentiellement porté sur les gènes codant pour les hydrolases pariétales majeures identifiées chez la banane (polygalacturonase, pectate lyase, expansine et xyloglucan transglycosylase hydrolase)<sup>17</sup>. Cependant, celles-ci interviennent plus en aval de la cascade des voies métaboliques. Elles ne présument donc pas de l'impact, d'une part, d'autres étapes agissant plus en amont (étapes régulatrices) de cette cascade, et, d'autre part, de celles agissant également en aval, mais contrôlé régulées par d'autres hydrolases dites « mineures » dont les activités pourraient également impacter significativement le dégrain. Enfin, nous pensons que les modifications des parois végétales au cours de la maturation fruit résultent d'un processus beaucoup plus complexe mettant en jeu bien plus de mécanismes (modification de la structure des polysaccharides pariétaux et leur environnement chimique, séparation cellulaire, mouvement d'eau etc.) que ceux uniquement médiées par les hydrolases pariétales et auxquels il faudrait s'intéresser.

Afin d'explorer la variabilité des mécanismes potentiellement impliqués dans le dégrain, nous envisageons d'explorer trois pistes durant la période 2012/2013 sur 3 variétés diploïdes AA : Galéo, IDN 110 et Pisang Lilin. Ces variétés ont été choisies parce qu'elles sont contrastées en terme de dégrain (résistante pour Galéo, moyennement résistante pour IDN110 et sensible pour Pisang Lilin) et pour certaines (IDN110 et Pisang Lilin) utilisées comme parents dans les schémas de croisement. Les actions envisagées sont les suivantes :

- i) *Examen des variations transcriptomiques à grande échelle associées au dégrain*

Les variations transcriptomiques opérant dans les zones de rupture (ZD) et médiane (ZM) des variétés contrastées seront examinées comparativement dans les deux zones. Pour ce faire, seront mis à profit les nouvelles technologies de séquençage d'une part et les connaissances sur la variabilité qualitative des bananes (acquis du projet VALEXBIOTROP ; Hubert et al., en préparation).

- ii) *Examiner les remaniements biochimiques associés au dégrain*

Un éclairage complémentaire sera apporté en examinant, les grandes modifications structurales se déroulant au niveau des tissus cellulaires impliqués, ainsi que les modifications biochimiques se déroulant au niveau de la paroi. Ainsi un profilage polysaccharidique couplé aux analyses de microscopie optique sera réalisé comparativement dans les tissus ZD et ZM des variétés modèles. Nous espérons ainsi acquérir des connaissances à la fois sur la teneur et la nature des composés polysaccharides potentiellement associés au dégrain mais également appréhender les hypothétiques modifications de l'architecture des parois associées

#### **4.1.1.1. Métabolisme des sucres et qualité organoleptique:**

Les travaux entrepris sur ce thème se limiteront à la caractérisation moléculaire des 10 gènes d'invertase un échantillon moins large et contrasté en terme de teneur en saccharose. Pour ce faire, les acquis biochimiques issus des travaux réalisés en 2011 seront mis à profit pour sélectionner au sein des 11 variétés testées en 2011, les modèles expérimentaux les plus adaptés. Par ailleurs, la composante acide organique de la qualité organoleptique sera abordée dans le thème « **Sensibilité des fruits à l'éthylène et initiation de la maturation : modèle Cavendish** ».

---

<sup>17</sup> Mbéguié-A-Mbéguié D., Hubert O., Baurens F.C., Sidibé-Bocs S., Matsumoto T., Chillet M., Fils-Lycaon B. (2009). Expression patterns of cell wall modifying genes from banana during ripening in relationship with finger drop. Journal of Experimental Botany 60 (7): 2021-2034.

## ANNEXE 1

	Ploïdie	Type	Taille	IPF
FLHORBAN 925* <sup>§</sup>	<b>AAA</b>	<b>Dessert</b>		
FLHORBAN 938 <sup>§</sup>	<b>AAA</b>	<b>Dessert</b>		
Galéo**	<b>AA</b>	<b>A cuire</b>	<b>3</b>	216
Grande Naine	AAA	<b>Dessert</b>	2.1 à 2.9m	
IDN 110**	<b>AA</b>	Dessert	<b>2,7</b>	160
Kingala	<b>AAB</b>	<b>dessert</b>	<b>2,70</b>	<b>311</b>
Kirun	<b>AA</b>	<b>Dessert</b>	<b>&lt;=2m</b>	240
Kunnan	<b>AB</b>	<b>Dessert</b>		
Manang	<b>AA</b>	<b>Dessert</b>		
Mjenga	<b>AA</b>	<b>Dessert</b>		
Ney Poovan	<b>AB</b>			
Paka**	<b>AA</b>	<b>Dessert</b>		
Pisang Lilin **	AA	<b>Dessert</b>	<b>&lt;= 2m</b>	<b>271</b>
Pisang Berlin	<b>AA</b>	Dessert	<b>1,90</b>	320
Pisang Jari Buaya	AA	Dessert	<b>&lt;= 3 m</b>	ND
Pisang Jaran**	<b>AA</b>	Dessert	<b>3</b>	348
Pisang Madu**	<b>AA</b>	<b>Dessert</b>		
Porp	<b>AAB</b>	<b>Dessert</b>		

\*Utilisée comme barrière de protection

\*\* Variétés utilisées dans les croisements destinées aux études de génétique poussée et au programme d'amélioration variétal

<sup>§</sup> Hybride issu du programme d'amélioration végétale

IPF: Intervalle plantation-floraison

ND: non déterminé

## ANNEXE 2

Noms variétés	Génotype	Caractéristiques organoleptiques présumées
Fraissinette (FS)	AA	Sucré
FOU(FOU)	ABB	Goût miel (dessert/à cuire)
Ney Pouwan (NP)	AB	Plantain à cuire
Cavendish (CAV)	AAA	Sucré, standard commercial
Figue pomme (FP)	AAB	Acidulé
Figue Rose (FR)	AAA	Acidulé
IDN110 (ID)	AA	Sucré, utilisé comme géniteur dans les programmes de croisement
Pisang Jary Buaya (PJB)	AA	Goût pas apprécié
Prata Ana (PA)	AAB	Acidulé
Pisang Lilin (PL)	AA	acidulé, chimique, utilisé comme géniteur dans les programmes de croisement
Yangambi KM5 (YK5)	AAA	Sucré

**Table 4 :** Liste des variétés utilisées dans cette étude et leurs propriétés sensorielles présumées.